

## Beschreibung

## Verfahren zur Übertragung von Datenpaketen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Datenpaketen zwischen Netzknoten eines optischen Netzes, bei dem zunächst ein Übertragungskanal reserviert wird, dann die Verbindung geschaltet wird und anschließend in Datenbursts, die jeweils mehrere Datenpakete enthalten, übertragen werden.
- 10 Bei der Datenübertragung über zukünftige optische Netze wird das sogenannte Optical Burst Switching OBS verwendet werden. Hierbei werden mehrere Datenpakete (beispielsweise IP-Pakete) zu sogenannten Datenbursts akkumuliert und dann über einen
- 15 Datenkanal eines entsprechend konzipierten optischen Netzes gesendet. Der Datenkanal entspricht einer bestimmten Wellenlänge eines Wellenlängenmultiplexsignals (WDM/DWDM), das gleichzeitig mehrere optische Einzelsignale (Kanäle) über eine optische Faser überträgt. Über einen dieser Übertragungs-
- 20 kanal können mehrere unterschiedliche Nachrichten übertragen, denen zugehörige Folgen von Bursts zugeordnet sind. Bei höherem Verkehrsaufkommen kommt es zu größeren Verzögerungen bei der Aussendung der Datenbursts, da weniger freie Zeitschlitzze zur Übertragung der Bursts zur Verfügung stehen. Die Blockierungswahrscheinlichkeit wird durch ein "Two-way-Reservation-OBS-Network", 2WR-OBS, reduziert, bei dem ein Reservierungssignal ausgesendet wird und von einem empfangenen Netzknoten auch die Bestätigung erfolgt.
- 25 Bei dem sogenannten  $\lambda$ -Switching, bei dem mehrere Wellenlängen (Kanäle) eines WDM/DWDM-Systems zur Übertragung zur Verfügung stehen, ist die Schaltgranularität eine Wellenlänge. Folglich wird auch bei niedrigem Verkehrsaufkommen ein vollständiger Übertragungskanal belegt; man spricht von einer hoher "Wave-
- 30 length Consumption". Keines dieser bekannten Verfahren ist optimal, wenn man die wesentlichen Kriterien Zeitverzögerung,
- 35

Blockierungswahrscheinlichkeit und Nutzung des Übertragungs-  
kanals zugrunde legt.

5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfah-  
ren zur Übertragung von Datenpaketen zwischen Netzknoten ei-  
nes optischen Netzes anzugeben.

10 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 ge-  
löst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen an-  
gegeben

15 Der entscheidende Vorteil bei diesem Verfahren ergibt sich  
durch den weiter bestehende Übertragungskanal nach der Über-  
tragung eines Datenbursts. Während dieser sogenannten Conse-  
cutive-Phase werden Datenpakete "on-the-fly" ohne oder mit  
einer minimalen Verzögerung übertragen, da sie nicht zuerst  
20 zu einem Burst zusammengefasst. Die freie Übertragungskapazi-  
tät wird so lange genutzt bis der Datenkanal, wenn kein ande-  
rer Datenkanal bzw. keine andere Wellenlänge zur Verfügung  
steht, von einer anderen Verbindung zur Übertragung von deren  
zu Bursts zusammengefassten Datenpaketen benötigt wird.

25 Nur während der Consecutive-Phase kann die bestehende Verbin-  
dung zur Übertragung eines Datenbursts einer anderen Daten-  
quelle unterbrochen werden.

30 Die vorteilhaften Funktionen der bekannten Burst Switching-  
Methoden können bei diesem System genutzt werden. So erfolgt  
die Reservierung einer Verbindung nach dem Two-way-  
Reservation-OBS-Prinzip, um die Blockierungswahrscheinlich-  
keit zu minimieren.

35 Ebenso kann das erfinderische Verfahren bei bidirektionalen  
Verbindungen angewendet werden, wobei dann eine Signalisie-

rung des Verbindungsendes in der Consecutive-Phase an beide betroffenen Netzknoten erfolgt.

Die Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

5

Es zeigen

Figur 1 die Nutzung der Übertragungskapazität bei herkömmlichen "Optical Burst Switching" (OBS),

10

Figur 2 die Nutzung der Übertragungskapazität bei dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Figur 3 ein Prinzipschaltbild eines optischen Netzes und

15

Figur 4 den Vergleich des erfinderischen Verfahrens mit herkömmlichen Verfahren.

**Figur 1** zeigt die Übertragung von Datenbursts über einen Datenkanal  $\lambda_1$  einer bestimmten Wellenlänge. Zunächst wird ein Datenburst BURST1 übertragen, der mehrere Datenpakete beinhaltet (der Header wurde zuvor auf einer Wellenlänge in einem Service-Kanal übertragen). Nach der Beendigung des Bursts werden zunächst keine Daten übertragen, so dass Kanalkapazität WCA vergeudet wird. Erst anschließend wird ein zweiter Datenburst BURST2 einer zweiten Signalquelle über den selben Datenkanal  $\lambda_1$  (die selbe Wellenlänge) übertragen. Anhand von Figur 2 wird offensichtlich, dass nur ein Teil der Kanalkapazität genutzt wird.

20

**Figur 2** zeigt das erfinderische Verfahren. Nach der Übertragung des ersten Datenburst BURST1 der ersten Datenquelle, eines Netzknotens A, werden anschließend IP-Pakete vom selben Netzknoten über den Kanal gesendet, die aber nicht zu einem weiteren Burst akkumuliert werden. Erst wenn ein Burst BURST2 einer weiteren Datenquelle, eines Netzknotens (D), zur Übertragung ansteht, wird die Aussendung der Datenpakete IP<sub>OF</sub>

25

30

"on-the-fly" unterbrochen und der BURST2 übertragen. Wegen der Kombination der Burst- und der Datenpakete-Übertragung wird dies Verfahren als Hybrid-OBS oder "Addaptive Path Optical Network: APON" bezeichnet.

5

Anhand von **Figur 3** wird das Verfahren näher erläutert. In der Figur ist ein optisches Netz dargestellt, dass über optische Schalteinrichtungen S1 bis S7 verfügt sowie über Endknoten A bis G, die als Schnittstelle zum eigentlichen optischen Verkehrsnetz jeweils von verschiedenen Teilnehmern Datensignale empfangen, diese in Datenbursts umsetzen und über das optische Netz zu einem anderen Netzknoten senden, der das Datensignale oder unterschiedliche Datensignale wiederum den Teilnehmern zuführt. In der Gegenrichtung werden über das optischen Verkehrsnetz empfangene Datensignale an die Teilnehmer weitergeleitet.

Wir gehen von einer ersten Phase P1, der Consecutive-Phase, aus, bei der bereits der BURST1 ausgesendet wurde und die Datenpakete "on-the-fly" vom Endknoten A zum Endknoten G übertragen werden. Diese Phase hält so lange an, bis in einer zweiten Phase P2 beispielsweise der Endknoten D unter Nutzung eines Service-Kanals eine Anfrage REQ über die Schalteinrichtung S4 und die Schalteinrichtung S5 zum Endknoten E schickt, um eine Reservierung von Übertragungskapazität (eines Datenkanals) für seinen Datenburst BURST2 durchzuführen. Die Schalteinrichtung S4 empfängt diese Anfrage und, da kein anderer Datenkanal (keine andere Wellenlänge) frei ist, informiert den Endknoten A mittels eines Unterbrechungssignals DISC (Disconnect), dass die bestehende Verbindung unterbrochen wird. Der Endknoten E, dem D die Daten zusenden will, empfängt nun die Reservationsanfrage und sendet eine Bestätigung ACK (Acknowledgement) zurück zum Endknoten D. D empfängt diese Bestätigung und kann nun seinen Datenburst BURST2 aussenden. Die Darstellung in Figur 2 zeigt dieses "Multiplex-Burstsignal" auf der Verbindung zwischen den Schalteinrichtungen S4 und S5.

Eine Variante in Phase 3 besteht darin, das die Schalteinrichtung S4 das Bestätigungssignal des Endknotens E abwartet, der die "on-the-fly" gesendeten Datenpakete als freie Verbindung ansieht und deshalb trotzdem seine Bestätigung ACK ausendet. Erst dann wird von der Schalteinrichtung S4 das Unterbrechungssignal an den Netzknoten A gesendet.

Nach dem Herstellen der Verbindung D - E bleibt diese Verbindung jetzt für weitere Datenpakete von D bestehen, bis sie von einem der Endknoten, beispielsweise auch wieder vom Endknoten A, erneut unterbrochen wird.

Das Hybrid-OBS-Verfahren kann ebenfalls für bidirektionale Verbindungen verwendet werden. Die Unterbrechungssignale müssen dann an beide miteinander in Verbindung stehende Netzknoten gesendet werden.

**Figur 4** zeigt die Eigenschaften des Hybrid-OBS und der bekannten Verfahren:  $\lambda$ -switching  $\lambda$ S, Optical Burst Switching OBS und Two-way-Reservation 2WR-OBS. Im Vergleich mit OBS und 2WR-OBS ist die Verzögerungszeit  $T_D$  bei der Aussendung eines Datenpakets niedrig. Gegenüber  $\lambda$ -Switching, bei dem ja stets eine komplette Wellenlänge und damit ein kompletten Übertragungskanal zur Verfügung steht, ist die Verzögerungszeit natürlich höher. Die Blockierungswahrscheinlichkeit  $P_B$  ist sehr niedrig, da das Hybrid-OBS ebenfalls mit Reservierung und Bestätigung arbeitet. Sie ist niedriger als bei beiden OBS-Verfahren, da nur eine geringere Anzahl von Bursts übertragen werden muss. Die Wavelength Consumption (Wellenlängennutzung) WU wird mit der des 2WR-OBS gleichgesetzt, da die Übertragung der IP-Datenpakete nicht berücksichtigt wird, denn die Consecutive-Phase wird vom System als freie Kapazität angesehen. Der Jitter ist wegen der geringen Wartezeiten insbesondere während der Consecutive-Phase sehr klein, auch wird während dieser Phase kein Signalisierungs-Overhead benötigt.

Zusammengefasst kann somit gesagt werden, dass das Hybrid-OBS gegenüber dem bisherigen Burst-Übertragungsverfahren wesentliche Vorteile bietet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Datenpaketen (IP) zwischen  
Netzknoten (A, G) eines optischen Netzes, bei dem zu-  
5 nächst die Übertragungskapazität eines Datenkanals ( $\lambda 1$ )  
reserviert wird und anschließend zu einem Datenburst  
(BURST1) zusammengefasste Datenpakete (IP) übertragen  
werden,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 dass nach der Übertragung des Datenbursts (BURST1) die  
Datenverbindung (A - G) über den Datenkanal ( $\lambda 1$ ) erhalten  
bleibt und während dieser Consecutive-Phase (CPH) weitere  
Datenpakete zwischen den Netzendknoten (A, G) übertragen  
werden und  
15 dass die Verbindung erst dann beendet wird, wenn der be-  
stehende Datenkanal ( $\lambda 1$ ) zumindest abschnittsweise zur Ü-  
bertragung eines Datenbursts (BURST2) einer anderen Ver-  
bindung (D - E) benötigt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Anfrage (REQ) zur Reservierung von Übertra-  
gungskapazität / eines Datenkanals ( $\lambda 1$ ) von einem die Re-  
servierung wünschenden Netzknoten (D) über Schalteinrich-  
25 tungen (S4, S5) des optischen Netzes zu einem Endknoten  
(E) gesendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass eine Reservierung von Übertragungskapazität / eines  
Datenkanals ( $\lambda 1$ ) für eine neue Verbindung (D - E) nur wäh-  
rend der Consecutive-Phase (CPH) erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Unterbrechungssignal (DISC) über die im Verbin-  
dungsweg (A - G) liegenden Schalteinrichtungen (S4, S1)

an den die gewünschte Verbindung in der Consecutive-Phase (CPH) zur Aussendung von Daten nutzenden Endknoten (A) erfolgt.

- 5    5. Verfahren nach Anspruch 2,  
dass die Reservierung von Übertragungskapazität nach einem Two-way-Reservation-OBS-Prinzip durch Anfrage und Bestätigung erfolgt.
- 10   6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Reservierung von Übertragungskapazität / Übertragungskanälen für bidirektionale Verbindungen erfolgt.
- 15   7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Reservierung von Übertragungskapazität für eine neue Verbindung (D - E) ein Unterbrechungssignal (DISC)
- 20   an beide Netz-Endknoten (A,G) einer Verbindung (A - G) über die im Verbindungsweg (A - G) liegenden Schalteinrichtungen (S4, S5) gesendet wird.
- 25   8. Verfahren nach Anspruch 4 oder 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Unterbrechungssignal (DISC) erst dann gesendet wird, wenn eine Bestätigung (ACK) durch den eine Anfrage (REQ) zur Reservierung von Übertragungskapazität empfangenden Endknoten (E) erfolgt ist.

30



## Verfahren zur Übertragung von Datenpaketen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Datenpaketen zwischen Netzknoten eines optischen Netzes, bei dem zunächst ein Übertragungskanal reserviert wird, dann die Verbindung geschaltet wird und anschließend in Datenbursts, die jeweils mehrere Datenpakete enthalten, übertragen werden.
- 10 Bei der Datenübertragung über zukünftige optische Netze wird das sogenannte Optical Burst Switching OBS verwendet werden. Hierbei werden mehrere Datenpakete (beispielsweise IP-Pakete) zu sogenannten Datenbursts akkumuliert und dann über einen
- 15 Datenkanal eines entsprechend konzipierten optischen Netzes gesendet. Der Datenkanal entspricht einer bestimmten Wellenlänge eines Wellenlängenmultiplexsignals (WDM/DWDM), das gleichzeitig mehrere optische Einzelsignale (Kanäle) über eine optische Faser überträgt. Über einen dieser Übertragungs-
- 20 kanal können mehrere unterschiedliche Nachrichten übertragen, denen zugehörige Folgen von Bursts zugeordnet sind. Bei höherem Verkehrsaufkommen kommt es zu größeren Verzögerungen bei der Aussendung der Datenbursts, da weniger freie Zeitschlitzze zur Übertragung der Bursts zur Verfügung stehen. Die Blockierungswahrscheinlichkeit wird durch ein "Two-way-Reservation-OBS-Network", 2WR-OBS, reduziert, bei dem ein Reservierungssignal ausgesendet wird und von einem empfangenen Netzknoten auch die Bestätigung erfolgt.
- 25
- 30 Die Prinzipien des „Burst-Switching-Verfahrens“ sind beispielsweise von A.Sahara et al. in dem Beitrag „Demonstrations of Optical Burst Data Switching Using Photonoc MPLSRouters Operated by GMPLS Signalling“ in Vol. 1, OFC 2003, 23. März 2003/Tuesday Afternoon, Seiten 220-222 beschrieben. Insbesondere wird auf die beiden Signalisierungsmethoden
- 35 „One-Way-Signalling“ und „Two-Way-Signalling“ und deren Auswirkung auf die Zuverlässigkeit der Datenübertragung eingegangen.

- Bei einem anderen Übertragungsverfahren, dem sogenannten  $\lambda$ -Switching, stehen mehrere Wellenlängen (Kanäle) eines
- 5 WDM/DWDM-Systems zur Übertragung zur Verfügung; die Schaltgranularität ist hier eine Wellenlänge. Folglich wird auch bei niedrigem Verkehrsaufkommen ein vollständiger Übertragungskanal belegt; man spricht von einer hoher "Wavelength Consumption". Keines dieser bekannten Verfahren ist optimal,
- 10 wenn man die wesentlichen Kriterien Zeitverzögerung,

Description

Method for transmitting data packets

**5** The invention relates to a method for transmitting data packets between network nodes of an optical network, wherein the transmission channel is first reserved, the connection is then switched and transmission subsequently takes place in data bursts each containing a plurality of data packets.

**10**

For data transmission over future optical networks, so-called optical burst switching OBS will be used, whereby a plurality of data packets (e.g. IP packets) are aggregated in so-called data bursts and then transmitted over a data channel of an

**15**

appropriately designed optical network. The data channel corresponds to a particular wavelength of a wavelength multiplex signal (WDM/DWDM) which simultaneously transmits a plurality of individual optical signals (channels) over an optical fiber. A plurality of different communications to which associated burst sequences are assigned can be transmitted via one of these transmission channels. The higher the traffic volume, the longer the delays in the transmission of data bursts, as fewer spare time slots are available for

**20**

transmitting the bursts. The blocking probability is reduced by a "two-way reservation OBS network", 2WR-OBS, in which a reservation signal is transmitted and a receiving network node also signals acknowledgment.

**25**

The principles of the burst switching method are described e.g. by A. Sahara et al. in the article "Demonstrations of Optical Burst Data Switching Using Photonic MPLS Routers Operated by GMPLS Signaling" in Vol. 1, OFC 2003, 23 March

**30**

1a

2003/Tuesday Afternoon, pages 220-222. This article considers in particular the two signaling methods "one-way signaling" and "two-way signaling" and their effect on data transmission reliability.

**5**

With so-called  $\lambda$ -switching in which a plurality of wavelengths (channels) of a WDM/DWDM system are available for transmission, the switching granularity is one wavelength. Consequently, even at low traffic volume a complete

**10**

transmission channel is occupied; this is termed high wavelength consumption. None of these known methods is optimum in terms of the essential criteria of time delay, blocking probability and transmission channel utilization.

FIG 1

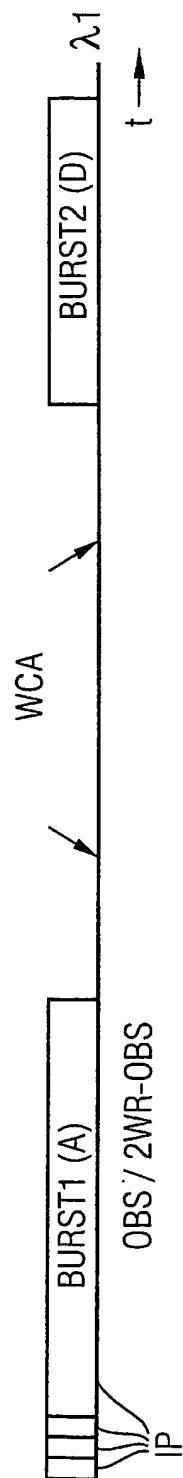


FIG 2

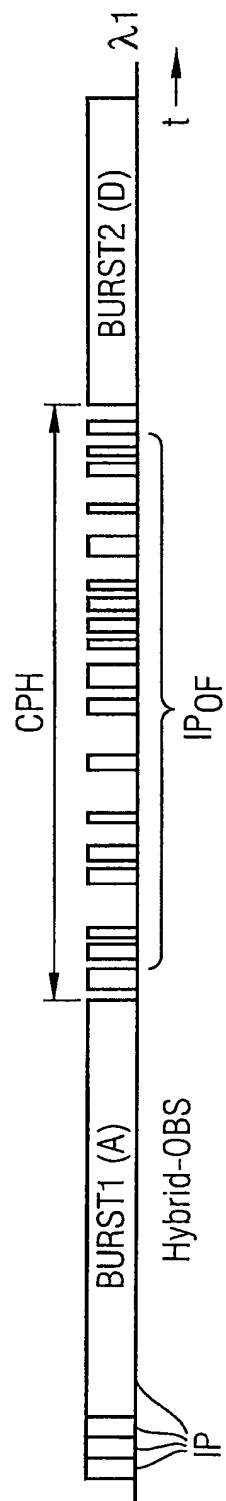


FIG 3

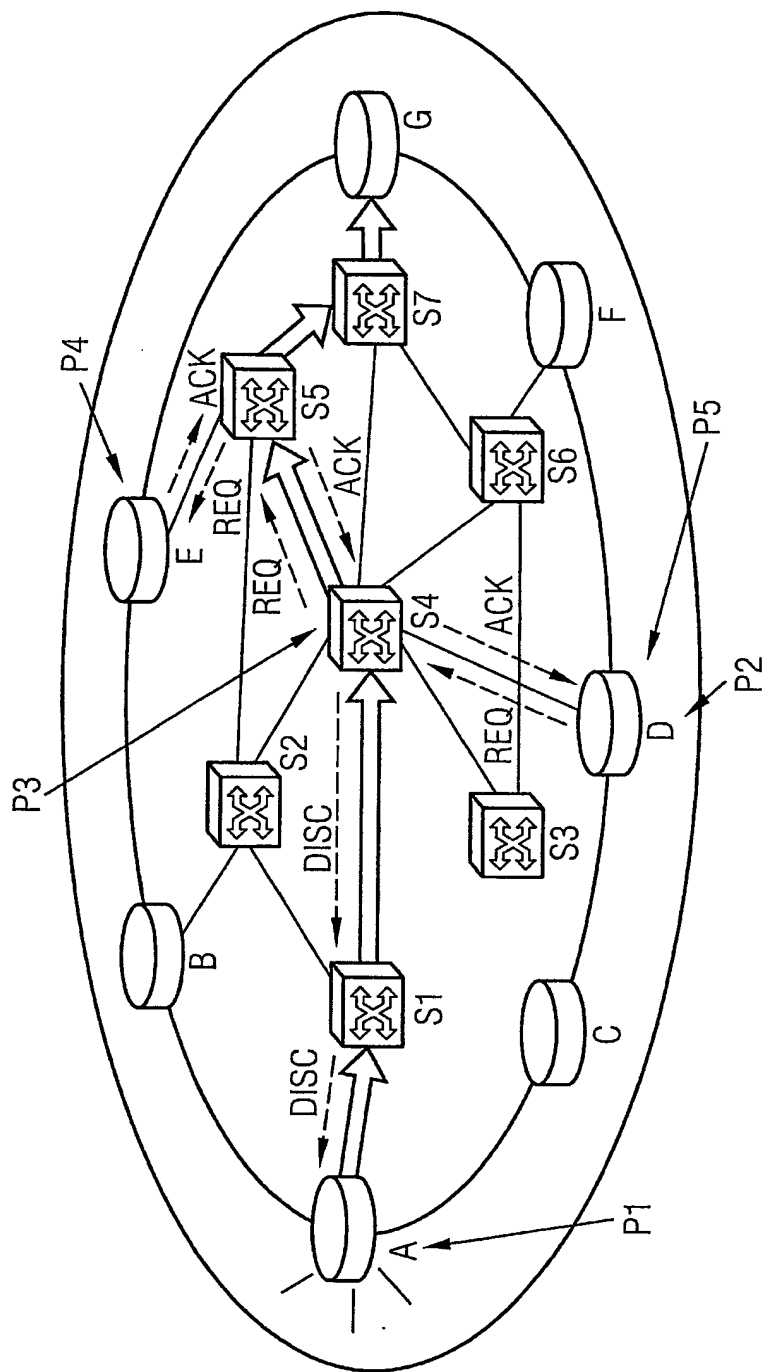


FIG 4

